

**APOYO EN LA ELABORACIÓN DE LOS DOCUMENTOS NECESARIOS PARA  
LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DESDE EL CENTRO DE EXCELENCIA  
TÉCNICA DE LA ELECTRICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.**

**PRESENTADO POR  
JULIAN FERNANDO VILLAMIZAR DURAN  
ID: 000210450**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2019**

**APOYO EN LA ELABORACIÓN DE LOS DOCUMENTOS NECESARIOS PARA  
LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DESDE EL CENTRO DE EXCELENCIA  
TÉCNICA DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.**

**PRESENTADO POR  
JULIAN FERNANDO VILLAMIZAR DURAN  
ID: 000210450**

**DIRECTOR ACADEMICO  
CARLOS FERNANDO RIVERA PEÑA  
INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR EMPRESARIAL  
SILVIA JULIANA PAEZ ACEVEDO  
INGENIERA CIVIL**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2019**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma Presidente del Jurado

---

Firma Jurado N°1

---

Firma Jurado N°2

Bucaramanga, junio de 2019

## **DEDICATORIA**

A Dios que todo le debo, a mis padres, mi abuela, mis hermanos y, por último, pero no menos importante a mi amada esposa y nuestros tres pequeños hijos que son el tesoro más grande que pueda tener, a todos, LOS AMO.

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana por sus enseñanzas, su paciencia y por qué con su labor son los mayores contribuyentes al desarrollo de la región y del país.

Al equipo de trabajo del Centro de Excelencia Técnica del Área de Proyectos de la Electrificadora de Santander S.A. por su gran calidez humana y sus amplios conocimientos técnicos desde su gestor, el ingeniero Oscar Iván Aguirre Varela, el equipo formulador, Álvaro Díaz, Robinson Rueda y Yasser Méndez, y todo el apoyo transversal, Ángela Arias, Jorge Hernández, Adriana Ortiz, Freddy Pico, Elkin García , Carlos Rincón, Hernán Toro, Nasly Villamizar y por supuesto la ingeniera Silvia Juliana Páez Acevedo, mi tutora y guía tanto en lo profesional como en lo personal, a todos ellos MIL GRACIAS.

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE TRABLAS .....	X
RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO.....	XI
GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE .....	XII
1. INTRODUCCION .....	1
2. OBJETIVOS .....	2
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	2
3. ELECTRIFICADORA DE SANTANDER .....	3
3.1. HISTORIA .....	3
3.2. MISION .....	4
3.3. VISION .....	4
3.4. VALORES CORPORATIVOS .....	4
3.5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....	5
4. MARCO TEORICO .....	6
4.1. PROYECTO DE INVERSION .....	6
4.1.1. IDENTIFICACION DEL PROYECTO .....	7
4.1.2. SELECCIÓN DE PROYECTOS .....	7
4.1.3. LA FORMULACION DEL PROYECTO .....	8
4.1.4. EVALUACION EX – ANTE .....	8
4.2. TIPOS DE PROYECTOS DE INVERSION .....	8
4.2.1. PROYECTOS SOCIALES .....	9
4.2.2. PROYECTOS PRODUCTIVOS .....	9
4.2.3. PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA .....	9
4.2.4. PROYECTOS – PROGRAMAS .....	9
4.2.5. ESTUDIOS BASICOS .....	9
4.3. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....	9
5. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO .....	11
5.1. CREACION DE BASE DE DATOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION EN LA HERRAMIENTA EXCEL .....	11
5.2. ADAPTACION DEL FORMATO DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIO.....	13
5.3. ELABORACION DE APU TIPICOS UTILIZADOS EN INFRAESTRUCTURA ELECTRICA .....	15
5.4. CANTIDADES DE OBRA .....	17
5.4.1. CANTIDADES DE OBRA DE CONSTRUCCIONES TIPICAS .....	18
5.4.1.1. CERRAMIENTO .....	18

5.4.1.2.	CARCAMOS .....	20
5.4.1.3.	CAJAS DE TIRO .....	22
5.4.1.4.	BANCOS DE DUCTOS .....	23
5.4.2.	CANTIDADES DE OBRA DE CONSTRUCCIONES PARTICULARES .....	24
5.4.2.1.	CIMENTACION DE POSTES .....	25
5.4.2.2.	BAHIA DE LINEA .....	27
5.4.2.3.	CIMENTACION Y FOSO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA .....	29
5.4.2.4.	TRAMPA DE ACEITE .....	32
5.4.2.5.	MURO CORTAFUEGO .....	34
6.	CONCLUSIONES .....	36
7.	BIBLIOGRAFIA .....	37

## TABLA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL ESSA (ELECTRIFICADORA DE SANTANDER, 2019) .....	5
FIGURA 2. CICLO DE UN PROYECTO (Miranda, 2011) .....	7
FIGURA 3. PROCESO INTELIGENTE PARA TOMAR LA DECISIÓN DE INVERTIR (Miranda, 2011) .....	8
FIGURA 4. CONFIGURACION DEL LISTADO DE MATERIALES CIVILES (AUTOR, 2019) .....	12
FIGURA 5. LISTADO DEL PROCESO DE HOMOLOGACION Y ESTANDARIZACION DE EPM (EPM, 2019) .....	13
FIGURA 6. FORMATO APU ADOPTADO POR EL CET (AUTOR, 2019) .....	14
FIGURA 7. APU DE PAÑETE CON ESPESOR DE 2 cm CON RELACION 1:3 (AUTOR,2019) .....	16
FIGURA 8. AOU CONCRETO DE CUBIERTA DE 21 Mpa (AUTOR, 2019) .....	17
FIGURA 9. SECCION TIPICA CERRAMIENTO MALLA ESLABONADA (SEDIC S.A, 2017) .....	19
FIGURA 10. GEOMETRIA DE CARCAMO TIPICO ESSA (SEDIC S.A, 2017) ....	21
FIGURA 11. HERRAMIENTA DE CALCULO PARA CARCAMOS (AUTOR, 2019) .....	21
FIGURA 12. HERRAMIENTA DE CALCULO PARA CAJAS DE TIRO (AUTOR, 2019) .....	22
FIGURA 13. HERRAMIENTA DE CALCULO PARA BANCO DE DUCTOS ENTERRADOS (AUTOR, 2019) .....	23
FIGURA 14. HERRAMIENTA DE CALCULO PARA BANCO DE DUCTOS ATRACADOS (AUTOR, 2019) .....	24
FIGURA 15. CALCULO PARA CIMENTACION DE POSTES (AUTOR, 2019) ....	26



FIGURA 16. CIMENTACION Y PEDESTAL PARA UN JUEGO DE SECCIONADORES (AUTOR, 2019).....	28
FIGURA 17. TABLA DE CANTIDAD DE EQUIPOS DE BAHIA DE LINEA (AUTOR, 2019) .....	28
FIGURA 18. CUBICACIONES PARA SECCIONADOR (AUTOR, 2019) .....	28
FIGURA 19. GEOMETRIA FOSO DEL TRANSFORMADOR DE 115/34.5 KV (SEDIC S.A, 2017) .....	29
FIGURA 20. CIMENTACION Y FOSO DE UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA (AUTOR, 2019) .....	30
FIGURA 21. PERFIL DE TRAMPA DE ACEITE SUBESTACION RIOFRIO (SEDIC S.A, 2019) .....	31
FIGURA 22. TRAMPA DE ACEITE EN CONSTRUCCION (AUTOR, 2019) .....	32
FIGURA 23. HERRAMIENTA EN EXCEL PARA CANTIDADES DE OBRA DE LA TRAMPA DE ACEITE (AUTOR, 2019) .....	32
FIGURA 24. GEOMETRIA BASICA DEL MURO CORTAFUEGOS (SEDIC S.A, 2017) .....	33

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DIMENSIONES CARCAMOS TIPICOS EN LA ESSA (AUTOR, 2019) .....	21
TABLA 2. DIMENSIONES CAJAS DE TIRO TIPICAS EN LA ESSA (AUTOR, 2019) .....	23
TABLA 3. COMBINACIONES PARA BANCOS DE DUCTOS USADOS EN LA ESSA (AUTOR, 2019) .....	25

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** APOYO EN LA ELABORACIÓN DE LOS DOCUMENTOS NECESARIOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DESDE EL CENTRO DE EXCELENCIA TÉCNICA DE LA ELECTRICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.

**AUTOR(ES):** JULIAN FERNANDO VILLAMIZAR DURAN

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** CARLOS FERNANDO RIVERA PEÑA

### **RESUMEN**

El objetivo de este informe es mostrar la labor realizada en el CENTRO DE EXCELENCIA TECNICA durante el tiempo trabajado como practicante de Ingeniería civil. La misma consistió en la construcción y recopilación de los documentos necesarios para que los integrantes del equipo de formulación cuenten con las herramientas para agilizar la valoración inicial de los proyectos que se encuentran en el análisis de viabilidad económica, para así aportar un indicador de decisión y determinar si el proyecto que se está evaluando es viable económicamente y en caso de ser así, avanzar a las fases que permitan disminuir la incertidumbre, aumentando la información y la calidad de esta, para finalizar en la elaboración de la ingeniería de detalle, fase que se va a encargar de la revisión y ajuste de las estimaciones realizadas previamente. Durante el desarrollo del informe se van a especificar los procedimientos utilizados para obtener las herramientas que previamente fueron identificadas como necesarias por parte de los profesionales de la especialidad electromecánica que comprenden desde excavaciones para postes pasando por todos los elementos de una bahía de línea y las obras adicionales a una subestación eléctrica.

### **PALABRAS CLAVE:**

Formulación, Ingeniería de detalle, Electromecánica, Subestación eléctrica.

**Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** SUPPORT IN THE ELABORATION OF THE DOCUMENTS NECESSARY FOR THE FORMULATION OF PROJECTS FROM THE CENTER OF TECHNICAL EXCELLENCE OF THE ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.

**AUTHOR(S):** JULIAN FERNANDO VILLAMIZAR DURAN

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** CARLOS FERNANDO RIVERA PEÑA

### ABSTRACT

The objective of this paper is to show done in the Center of Technical Excellence during the tenure as a Civil Engineering practitioner. It consisted of the construction and compilation of the necessary documents so that the members of the formulation team have the tolos to speed up the initial cost of the projects that are found in the economic viability analysis, in order to provide an indicator of decisión and determine if the project being evaluated is economically viable, if so, move to phases that allow to reduce uncertainty, increasing the infomation and yhe quality of the same, to finalize the elaboration of Detailing Engineering, wich is in charge of reviewing and ajusting the previous estimates. During the development of the report, we will specify the procedures performed to obtain the tools previously identified as necessary by professionals in the electromechanical specialty, ranging from excavations for posts through all elements of a line bay and additional Works to an electrical substation.

### KEYWORDS:

Formulation, Detailing Engineering, electro mechanics, electrical substation

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector energético a nivel mundial está teniendo un crecimiento acelerado y la ESSA como empresa perteneciente al sector no es la excepción, es por eso que en el Área de proyectos se ha decidido implementar el Centro de Excelencia Técnica, equipo de trabajo conformado por profesionales de distintas especialidades encargados de desarrollar herramientas y documentos necesarios para la formulación de proyectos desde su etapa inicial, hasta la liquidación del contrato.

Este proceso se desarrolló en varias etapas que iniciaron con la recolección de datos correspondientes a materiales civiles utilizados en la empresa, haciendo verificación de los precios, y relacionando cada elemento del listado con el Proyecto de homologación y estandarización de la casa matriz EPM para todas sus filiales, para luego comenzar con la construcción de los APU'S típicos y necesarios como son las excavaciones, rellenos, cimentaciones, mampostería, etc.

Luego de esta etapa inicial se continuó conformando un paquete de hojas de cálculo y de documentos que servirán de base para lograr uno de los objetivos de la empresa que se han planteado para el Área de proyectos, que es evitar la contratación externa de la formulación de proyectos ya que estos serán el soporte de la expansión y el mejoramiento en la calidad del servicio.

Durante el tiempo de desarrollo de la práctica se utilizaron algunas de las herramientas que fueron producto de este proceso, arrojando resultados muy cercanos a la realidad y que cumplieron el objetivo que era obtener una aproximación tanto en cantidades como en presupuesto, dejando la puerta abierta para que en un futuro estas herramientas se optimicen, se amplíen y sean de uso frecuente en el Área de Proyectos.

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Identificar, ordenar, valorar, definir, complementar y construir los documentos entregables de Ingenierías Básica y Básica extendida, asociados a la ingeniería civil, que permitan estandarizar el proceso de formulación de proyectos de la compañía.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Identificar los documentos entregables de Ingenierías Básica y Básica Extendida requeridos para la formulación de proyectos, desde la perspectiva de la ingeniería civil.
- Validar la pertinencia y estructura de cada uno de los documentos entregables de Ingenierías Básica y Básica Extendida para la formulación de proyectos, con el fin de discriminarlos según el tipo de proyecto al que apliquen.
- Complementar el listado de documentos entregables y la estructura interna de los mismos, de acuerdo al estado del arte actual y tomando como base el modelo de la casa matriz EPM
- Generar los documentos entregables de Ingenierías Básica y Básica Extendida a través de los formatos que sean requeridos.

### **3. ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.**

#### **3.1 HISTORIA**

En 1.891 los empresarios Julio Jones y Rinaldo Goelkel, impulsaron la llegada de la energía eléctrica a Bucaramanga instalando en Chitota la primera hidroeléctrica que ilumino las primeras casas y calles de la ciudad, generando un cambio inmediato en las actividades cotidianas y en las costumbres de las personas e imponiendo el uso de máquinas y equipos.

Es así que Bucaramanga se convierte en la segunda ciudad en contar con el suministro de energía eléctrica contando con un sistema en el que se usaban bombillas incandescentes de 16 vatios y que se controlaban por medio de un dispositivo que impedía abusar de la conexión.

Entre 1920 y 1930 trabajaron de forma independiente y de carácter privado, varias hidroeléctricas y unas con motores diésel que atendían la demanda de 27 de los 73 municipios que componían a Santander por esa época. En 1927 se crea la Compañía Penagos S.A. y después entra en funcionamiento la planta de Zaragoza que se encarga de suplir la necesidad que para ese entonces tenía la ciudad de Bucaramanga en cuanto a energía eléctrica.

Con la creación de la primera empresa del sector eléctrico de carácter público, con recursos de la nación, el departamento y el municipio, entra en funcionamiento la Hidroeléctrica Palmas situada en el rio Lebrija. Todo esto gracias al ingeniero Benjamín García Cadena.

El 21 de Julio de 1975 se crea la Electrificadora de Santander como la conocemos hoy, al sumar la infraestructura existente en García Rovira e Hilebrija Zona Sur que comprendía La Hidroeléctrica La Cómoda, La Empresa de Energía Eléctrica del Socorro y La Cascada de San Gil. Desde allí, la compañía avanzó aumentando la cobertura del servicio e implementando la infraestructura requerida para dicha ampliación.

A principios de 2009 EPM adquiere las acciones de la nación y permite a la Gobernación de Santander aumentar su participación accionaria. Así la ESSA se convierte en una empresa que hereda la característica del grupo, que es la excelencia en la prestación de servicios públicos, la cual debe ser reflejada en los indicadores.

En el año 2011 la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P cumplió 120 años de historia en Santander promoviendo el progreso y desarrollo del oriente colombiano. (Electrificadora de Santander S.A. E.S.P, 2019)

### 3.2 MISIÓN

Somos una empresa del Grupo EPM comprometida con el bienestar de nuestros clientes y el desarrollo sostenible y competitivo de los territorios donde proveemos servicio de energía eléctrica con calidad y confiabilidad, creando valor compartido con nuestros grupos de interés. (Electrificadora de Santander S.A. E.S.P, 2019)

### 3.3 VISIÓN

En el 2022 ESSA se consolidará como referente latinoamericano en servicio al cliente, excelencia operativa, reputación y transparencia; ofreciendo a los clientes y al mercado un portafolio integral de soluciones competitivas en electricidad, fundamentadas en prácticas socialmente responsables con todos los grupos de interés, contribuyendo al cumplimiento de la VISIÓN del Grupo Empresarial EPM. (Electrificadora de Santander S.A. E.S.P, 2019)

### 3.4 VALORES CORPORATIVOS

- **Transparencia:** Soy transparente, mis actos van siempre encaminados a tener un ambiente de seguridad y confianza entre la empresa y el entorno y todas las partes de la sociedad con las que interactué, ofreciéndoles información oportuna, relevante y de calidad. Sé que tengo bajo mi responsabilidad bienes públicos que debo cuidar.
- **Responsabilidad:** Soy responsable, trabajo con proactividad y asumo las consecuencias de mis actos ya que puedo afectar a los demás, el ambiente y mi contexto social.
- **Calidez:** Soy cálido, sé que no todos somos iguales, me intereso por los demás y trato de entender la situación para encontrar una reparación, sin presunción y siempre con respeto y amabilidad. (Electrificadora de Santander S.A. E.S.P, 2019)



### 3.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL



Figura 1. Estructura organizacional ESSA. Recuperado de: <https://www.essa.com.co/site/%C2%BFQui%C3%A9nessomos/Informaci%C3%B3ncorporativa/Estructuraorganizacional.aspx>

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1 PROYECTO DE INVERSIÓN.**

Un proyecto es una propuesta que incluye aspectos técnicos y económicos para resolver un problema utilizando recursos humanos, materiales y tecnológicos mediante un documento que abarca unos estudios que permiten al inversionista saber si es viable la materialización del proyecto. Existe una variedad de proyectos con diferentes aplicaciones, lo que nos lleva a no tener un método establecido para elegir cual es la mejor opción y así obtener los resultados esperados (Córdoba, 2011).

Los proyectos de inversión necesitan una justificación, que no es más que un trabajo bien ordenado y evaluado, el cual nos lleva al proceso que incluye todas las fases que son: la pre-inversión, inversión, operación y evaluación ex-post. Estas etapas conforman el Ciclo del Proyecto.

La fase de pre-inversión es en la que se desarrollan todos los estudios que son necesarios para tomar decisiones de inversión, acá encontramos 4 procesos que son: identificación, selección, formulación y evaluación del proyecto.

En la fase de inversión aparece el movimiento del recurso financiero ejecutado por el recurso humano y ya hay un proceso determinado para dar cumplimiento a lo presupuestado por la empresa, se transforma un capital y una mezcla de conocimientos para entregar un producto final. La etapa de operación corresponde al cumplimiento del objeto del proyecto, es decir, prestar un servicio o producir un bien. En estas etapas desarrollamos el ciclo básico de la acción administrativa que lo constituyen la planeación, operación, seguimiento y control.



Figura 2. Ciclo de un proyecto (Miranda, 2011)

Finalmente, en la evaluación ex-post se confrontan los resultados de la operación con los propuestos en la etapa de pre inversión con el fin de validar que los métodos de decisión fueron los correctos. (Miranda, 2011)

Como se observa en las definiciones de las etapas de un proyecto, la parte de interés para contextualizar este informe corresponde a la fase de pre-inversión que posee unos componentes que se van a profundizar a continuación:

**4.1.1 Identificación del proyecto:** es la explicación de los temas más sobresalientes de la necesidad y se plantean las alternativas o la forma como se puede explotar una ocasión de negocio.

El problema surge de una necesidad de superar carencias de bienes o servicios, mejorar su suministro o tenerlo al servicio por más tiempo del proyectado. Por tal motivo, plantear alternativas para aprovechar dichas conveniencias, o la forma de cómo se puede aumentar la fabricación o bienes y servicios de mejor calidad o la reposición de infraestructura que ya es obsoleta, hacen parte de esta etapa.

**4.1.2 Selección de proyectos:** Cuando se habla de un proyecto de carácter privado, el criterio a utilizar es el que le traiga mayores beneficios económicos minimizando los riesgos. Es decir, se mide el impacto del proyecto sobre el capital del inversionista.

Caso contrario ocurre en los evaluadores de proyectos que cuentan con capitales estatales ya que deben maximizar el impacto del proyecto, pero

teniendo en cuenta la asignación de recursos que en muchos casos es precaria.

**4.1.3 La formulación del proyecto:** en esta etapa, los objetivos del proyecto están completamente definidos y apoyados en estudios que se presentan en este orden: identificación de la idea, perfil preliminar, estudio de pre factibilidad, estudio de factibilidad y diseño definitivo; y evaluando en cada estudio la viabilidad técnica, económica, financiera, institucional y ambiental y la conveniencia social de la propuesta de inversión.

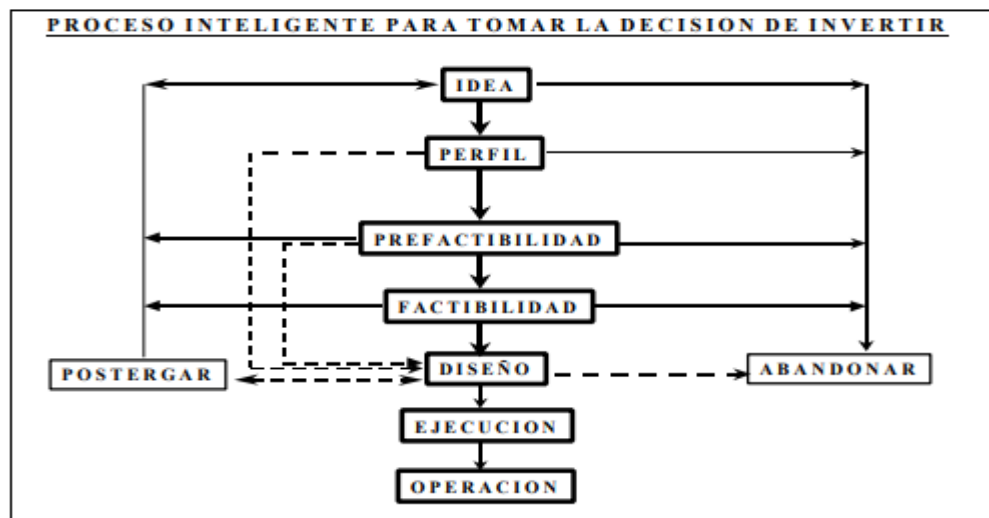


Figura 3. Proceso inteligente para tomar la decisión de invertir (Miranda, 2011)

**4.1.4 Evaluación ex – ante:** En esta etapa se evalúa de manera cualitativa y/o cuantitativa la conveniencia de invertir en el proyecto. En todo proyecto se debe garantizar la correcta utilización del capital y en eso consiste esta etapa, en optimizar los recursos y racionalizarlos. La evaluación de proyectos se presenta como un método adecuado para analizar las opciones en forma conveniente y objetiva. (Miranda, 2011)

## 4.2 TIPOS DE PROYECTOS DE INVERSION.

Dadas las características de los productos que elaboran o los servicios que prestan, o de los beneficios que aportan, los proyectos de inversión se pueden clasificar de la siguiente forma:

- 4.2.1 Proyectos sociales:** Son los destinados a prestar servicios que sean para satisfacción de la sociedad, acá encontramos los proyectos de salud, educación, agua potable, alcantarillado o recreación.
- 4.2.2 Proyectos productivos:** Estos proyectos se planifican para atender necesidades de consumo, transforman materias primas y le agregan valor. Ejemplo, proyectos de conversión industrial, de producción agrícola, de explotación minera, etc.
- 4.2.3 Proyectos de infraestructura:** son todos los proyectos que facilitan o propician el desarrollo económico, a partir de ellos se desencadenan actividades económicas que impulsan efectos positivos y mejoran la calidad de vida de las comunidades. Ejemplo: vías, subestaciones eléctricas, servicios públicos, comunicaciones, etc.
- 4.2.4 Proyectos – programas:** son los destinados a crear o fortificar la capacidad generadora de utilidad directa a través de otros proyectos. Ejemplo: capacitaciones, campañas de vacunación, alfabetización, etc.
- 4.2.5 Estudios básicos:** No generan servicios o bienes que sean directamente aprovechables, pero ayudan a reconocer opciones de inversión o servicios de tecnología en beneficio de las comunidades. Ejemplo, investigaciones que permiten el desarrollo de productos de beneficio social, como en el caso de detergentes, alimentos, vacunas, medicinas, etc. (Miranda, 2011)

Además de esta forma de clasificación de los proyectos, existe otra según sus promotores o impulsores que pueden ser agentes privados o Empresas estatales y que dada su naturaleza tendrán un comportamiento distinto en el momento de la evaluación ex – ante durante el proceso de formulación.

### **4.3 Análisis de precio unitario**

El análisis de precio unitario es el conjunto de valoraciones de materiales, mano de obra, equipos y herramientas que se usaran en una actividad y que se calcula por unidad de medida determinada para cada caso.

Además, son el componente principal de un presupuesto de obra ya que junto con las especificaciones técnicas son el respaldo para cada actividad. Para realizar un Análisis de precio unitario es necesario contar con recursos como son: Diseños y especificaciones técnicas, conocimiento del proceso constructivo, logística de

ejecución, conocimiento general de diferentes tipos de insumos y la forma de subcontratación.

Los materiales son los consumibles durante el proceso de ejecución del proyecto y que pueden instalarse, producirse, fabricarse o transformarse con intervención de mano de obra, todos los materiales deben tener una unidad de medida y un rendimiento de acuerdo a sus especificaciones.

La herramienta menor son todos los utensilios y herramientas que requiere la mano de obra para transformar, instalar o fabricar, los materiales en los productos específicos del proyecto.

La mano de obra se refiere a las personas que, con un conocimiento específico, desarrollan actividades empleando las herramientas y los materiales que van a sufrir el proceso de transformación. Toda mano de obra tiene un rendimiento particular para cada actividad y eso depende de la complejidad de la misma.

El equipo lo constituyen los elementos y máquinas de mayor tamaño que contribuyen con la actividad o que complementan su proceso constructivo, el transporte por su parte comprende diferentes tipos de servicios en función de las necesidades del proyecto.

Para el cálculo del análisis de precio unitario, se puede acudir a distintas fuentes de información como: catálogos, libros y revistas especializadas, sitios web, listas de precios, cotizaciones, contratos y órdenes de compra y/o visitas de proveedores. (Morales, 2019)

## **5. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO**

Es un objetivo de la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P contar con un equipo de proyectos que se encargue de la formulación de los proyectos, ya sean nuevos, ampliaciones o remodelaciones para de esta manera eliminar o disminuir al máximo la contratación externa para este tipo de actividades, de esta idea parte el proceso para que el Centro de Excelencia Técnica se encargue de esta implementación y para ello se han realizado diferentes etapas de contratación de practicantes universitarios para apoyo de esta labor, cada uno desde su especialidad. Las actividades realizadas desde la ingeniería civil son las siguientes:

### **5.1 CREACIÓN BASE DE DATOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN LA HERRAMIENTA EXCEL.**

El primer paso para lograr los objetivos propuestos de forma conjunta entre los ingenieros electricistas, civiles, ambientales y prediales fue la construcción de una base de datos de materiales civiles alimentada desde varias fuentes consultadas como son:

- Formulaciones entregadas anteriormente a la empresa por parte de los diferentes contratistas que son: Concol, HMV, JE Jaimes, Edemsa y Seringel, que contienen toda la información pertinente al proyecto como es informes de planeación, informe de formulación técnica, documentos técnicos, capex, entre otros. Es precisamente de este documento capex de donde se extrajo información para alimentar la base de datos, ya que esta a su vez contiene: resumen de costos, listado de suministros eléctricos, obra civil, montaje, ingeniería, pruebas y puesta en servicio, caracterización ambiental y social, administración, interventoría, caracterización predial y listado de materiales de obra.
- Archivo y documentos técnicos del Instituto Nacional de Vías, INVIAS tales como APUS Santander 2018-1 y 2018-2, el cual es un archivo tipo xlsx que contiene varias hojas como portada, índice, mano de obra, equipo, materiales, transporte, modelo de APU y una variedad de APU predeterminados y utilizados muy frecuentemente en proyectos de infraestructura. Este documento ayudo a ampliar la base existente en la mayoría de los listados necesarios para la creación de esta base de datos.
- La revista CONSTRUDATA, en su aplicativo Construpedia que da acceso a un número elevado de documentos para consulta de precios, materiales,

proveedores y especificaciones técnicas de materiales, además de brindar información en cuanto a mano de obra, herramienta y transporte.

- Catálogos recolectados con visitas a proveedores que nos brindan dentro de su contenido: especificaciones técnicas, presentación de los materiales, precios, rendimientos, usos y recomendaciones.
- Listas de precios consultadas directamente en la páginas web de los proveedores que nos permite tener información más amplia y actualizada de una gran parte de los materiales en cuanto a precio y presentación.

Una vez recopilados todos los datos necesarios se procedió a depurar el listado, eliminando los ítems que estuvieran repetidos o que no correspondieran a la categoría, alimentando a su vez las hojas correspondientes a las categorías de mano de obra, equipos y transporte.

El listado quedó organizado de la siguiente manera: código, macro categoría, categoría, descripción del material, unidad, fecha de actualización, valor sin IVA desde 2013 a 2018, valor del IVA desde 2013 a 2018, valor total desde 2013 a 2018, factor presupuesto y descripción técnica.


	CODIGO	MACROCATEGORÍA	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL Y/O ÍTEM	UNIDAD
<b>MATERIALES CIVILES</b>					
	211737	SOPORTE A LA OPERACIÓN	COMBUSTIBLES	A. C. P. M.	GALÓN
	204318	SERVICIOS TECNICOS/ INGENIERIA	REDES	ACERO DE REFUERZO	KG
	210670	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	ADAPTADOR 1 4"	UN
	219111	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	ADAPTADOR 1 6"	UN
	219346	SERVIC/ MATERIALES CONSTRUCCIÓN	MATERIALES CONSTRUCCIÓN	ALAMBRE DE PÚAS GALVANIZADO 1/2 CAL. 12	M
	217280	SERVIC/ MATERIALES CONSTRUCCIÓN	MATERIALES CONSTRUCCIÓN	ARENA DE PEÑA	M3
	204216	SERVICIOS DE MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO DE REDES	ASFALTO DE LIGA	M2
	219350	SERVIC/ MATERIALES CONSTRUCCIÓN	MATERIALES CONSTRUCCIÓN	BASE GRANULAR	M3
	219353	SERVIC/ MATERIALES CONSTRUCCIÓN	MATERIALES CONSTRUCCIÓN	BORDILLO DISCONTINUO	UN
	205036	SERVICIOS TECNICOS/ INGENIERIA	REDES	BOTADA DE MATERIAL	UN
	205513	SERVICIOS DE MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO DE REDES	CAPA ASFÁLTICA 0.05M	M2
	217125	SERVIC/ MATERIALES CONSTRUCCIÓN	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	CEMENTO GRIS 50 kg	BULTO
	227458	SERVICIOS TECNICOS/ INGENIERIA	REDES	CERCHA	UN
	205508	SERVICIOS DE MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO DE REDES	CERRAMIENTO EN MALLA ESLABONADA	MF

Figura 4. Configuración del listado de materiales civiles. Fuente: Autor

El último paso para completar esta actividad fue asignar código a cada material, extrayéndolo del listado del proyecto de Homologación y estandarización de la casa



matriz EPM que está en implementación y que contiene básicamente la misma organización la información, pero a diferencia de la nuestra, no discrimina la categoría del material, es decir, en un solo listado se encuentran materiales civiles, eléctricos, de gas, de agua, transporte, etc.

La asignación de este código se implementó para cumplir con las directrices de EPM en cuanto a bases de datos y para que, en los siguientes pasos hacia nuestro objetivo, tanto contratistas como interventores, administradores, personal de almacén y personal de la ESSA utilicen una misma descripción técnica del material.

AGRUPADO	ARTICULO	DESCRIPCION_TECNICA	DESC_MACROCATEGORIA	DESC_CATEGORIA	SUBCATEGOR	DESC_SUBCATEGORIA
298	210309	ADAPTADOR HEMBRA PVC AGUA POTABLE PRESION 1 1/4" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	210663	ADAPTADOR HEMBRA PVC AGUA POTABLE PRESION 1/2" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	210664	ADAPTADOR HEMBRA PVC AGUA POTABLE PRESION 1" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	210665	ADAPTADOR HEMBRA PVC AGUA POTABLE PRESION 1 1/2" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	210666	ADAPTADOR HEMBRA PVC AGUA POTABLE PRESION 2" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	210667	ADAPTADOR HEMBRA PVC AGUA POTABLE PRESION 3/4" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	210668	ADAPTADOR HEMBRA PVC AGUA POTABLE PRESION 2 1/2" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	210669	ADAPTADOR HEMBRA PVC AGUA POTABLE PRESION 3" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	210670	ADAPTADOR HEMBRA PVC AGUA POTABLE PRESION 4" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	212714	ADAPTADOR HEMBRA MACHO PVC AGUA POTABLE PRESION 1/2" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	212715	ADAPTADOR HEMBRA MACHO PVC AGUA POTABLE PRESION 3/4" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	212716	ADAPTADOR HEMBRA MACHO PVC AGUA POTABLE PRESION 1" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	212718	ADAPTADOR HEMBRA MACHO PVC AGUA POTABLE PRESION 1 1/2" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	212719	ADAPTADOR HEMBRA MACHO PVC AGUA POTABLE PRESION 2" 31SPSI ROSCA NPT NTC 1339 BLANCO	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	214774	ADAPTADOR HEMBRA MACHO LATON AGUA POTABLE MEDIDOR ACUEDUCTO 1/2" X 40MM 12SPSI ROSCA NPT C	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	214775	ADAPTADOR HEMBRA MACHO LATON AGUA POTABLE MEDIDOR ACUEDUCTO 1/2" X 70MM 12SPSI ROSCA NPT C	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	214776	ADAPTADOR HEMBRA MACHO LATON AGUA POTABLE MEDIDOR ACUEDUCTO 3/4" X 40MM 12SPSI ROSCA NPT C	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	214777	ADAPTADOR HEMBRA MACHO LATON AGUA POTABLE MEDIDOR ACUEDUCTO 1" X 60MM 12SPSI ROSCA NPT C	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	214778	ADAPTADOR HEMBRA MACHO LATON AGUA POTABLE MEDIDOR ACUEDUCTO 1 1/2" X 60MM 12SPSI ROSCA NPT	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	215467	ADAPTADOR HEMBRA PEAD PE100 AGUA POTABLE PRESION 25MM X 20MM PN16 INSERTO HEMBRA ROSCA NPT	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	215468	ADAPTADOR HEMBRA PEAD PE100 AGUA POTABLE PRESION 32MM X 32MM PN16 INSERTO HEMBRA ROSCA NPT	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	215469	ADAPTADOR HEMBRA PEAD PE100 AGUA POTABLE PRESION 63MM X 63MM PN16 INSERTO HEMBRA ROSCA NPT	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	215470	ADAPTADOR HEMBRA PVC AGUAS RESIDUALES FLUJO LIBRE 1" SCH80 ROSCA NPT	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	216545	ADAPTADOR HEMBRA PEAD PE100 AGUA POTABLE PRESION 20MM X 20MM PN16 INSERTO HEMBRA ROSCA NPT	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	216546	ADAPTADOR HEMBRA COBRE AGUA POTABLE PRESION 1" 80PSI ROSCA NPT	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	216547	ADAPTADOR HEMBRA COBRE AGUA POTABLE PRESION 1 1/2" 80PSI ROSCA NPT	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA
298	216548	ADAPTADOR HEMBRA COBRE AGUA POTABLE PRESION 2" 80PSI ROSCA NPT	MATERIALES ESTANDAR	TUBERIAS Y ACCESORIOS DE TUBERIAS	061102	ACCESORIOS DE TUBERIA

Figura 5. Listado del proceso de Homologación y Estandarización de EPM.

Recuperado de:

<https://mibitacora.epm.com.co/proyectos/catalogacion/documentos1/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2fproyectos%2fcatalogacion%2fdocumentos1%2fConsulta&FolderCTID=0x012000ABC3B199DCC2744BAE4C0D801E708ED3>

## 5.2 ADAPTACIÓN DEL FORMATO DE ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

La siguiente actividad consistió en la adaptación de un formato que se adecuara a los requerimientos propios de los proyectos de infraestructura eléctrica, razón por la cual se modificó el elegido como base de tal manera que cumpliera las solicitudes, el formato base seleccionado fue el utilizado por la empresa Concol por ser el que más se aproximaba a las necesidades de la ESSA.



### **5.3 ELABORACION DE APU TIPICOS UTILIZADOS EN INFRAESTRUCTURA ELECTRICA.**

Como parte del proceso de recolección de documentos se realizó un listado de los APU usados más frecuentemente en el quehacer diario de los proyectos de infraestructura eléctrica y se dejaron analizados y guardados en el mismo archivo del listado de materiales para evitar la repetición del proceso teniendo acceso a determinadas actividades en diferentes hojas y contando con la posibilidad de realizar nuevos APU a requerimiento de la obra.

Las actividades que quedaron almacenadas fueron las siguientes:

- Demolición de estructuras.
- Demolición de pisos y andenes.
- Desmonte de estructuras metálicas.
- Traslado de postes.
- Localización y replanteo.
- Descapote y limpieza.
- Excavación manual a menos de 2 metros.
- Excavación manual a más de 2 metros.
- Excavación mecánica a menos de 2 metros.
- Excavación manual a más de 2 metros.
- Excavación con retiro del material.
- Excavación en roca con retiro del material.
- Cimentación en zapatas.
- Cimentación en loza.
- Relleno con material seleccionado.
- Relleno con material proveniente de la excavación.
- Relleno estructural.
- Vigas de amarre para cimentación.
- Columnas.
- Vigas.
- Placa de contra piso.
- Mampostería exterior no estructural.
- Mampostería interior no estructural.
- Mampostería estructural.
- Placa de cubierta.
- Mortero para pañete.
- Mortero de nivelación.
- Acabado de piso tráfico liviano.
- Acabado de piso tráfico pesado.

- Enchape paredes de baño.
- Instalaciones eléctricas.
- Instalaciones hidrosanitarias.
- Estuco y pintura.
- Impermeabilización de cubiertas.
- Cielo raso.
- Carpintería en madera puertas.
- Carpintería en madera ventanas.
- Carpintería metálica puertas.
- Carpintería metálica ventanas.
- Concreto de solado.
- Concreto simple.

A continuación, tenemos dos ejemplos de APU típicos que quedaron almacenados en el enlace destinado para toda la documentación resultado de esta práctica:


		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS			HOJA	
					FECHA ACTUALIZACIÓN	
					15/05/2019	
INFORMACIÓN DEL PROYECTO						
<b>PROYECTO</b>				INGRESE EL NOMBRE DEL PROYECTO		
<b>OBJETO DEL PROYECTO</b>				GARITA DE VIGILANCIA TIPO		
<b>ESPECIFICACIÓN</b>						
ÍTEM	Pañete para acabado de muros interiores con relación 1:3			UNIDAD	m <sup>2</sup>	
DATOS ESPECÍFICOS						
I. EQUIPOS						
TRANSFORMADORES, CT'S, PT'S, CELDAS, SECCIONADORES, INTERRUPTORES, DPS, BATERÍAS, GRUPO ELECTROGENO, MEDIDORES.						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	VALOR PARCIAL	
				<b>SUB-TOTAL</b>	\$	-
II. HERRAMIENTAS						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	VALOR PARCIAL	
3135	HERRAMIENTA MENOR 2	%MDEO	10%	\$ 19.039	\$ 1.909	
3027	MEZCLADORA A GASOLINA	Día	0,1	\$ 107.620	\$ 10.762	
				<b>SUB-TOTAL</b>	\$	12.672
III. MATERIALES						
A. ELÉCTRICOS: CABLES, AISLADORES, HERRAJES, AMORTIGUADORES, BANDEJAS, CAJAS, CONECTORES, POSTES, SOLDADURA EXO.						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	VALOR PARCIAL	
				<b>SUB-TOTAL</b>	\$	-
B. CIVILES						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	VALOR PARCIAL	
5005	AGUA	m <sup>3</sup>	0,01	\$ 15.947	\$ 159	
217125	CEMENTO GRIS (canstruster)	KG	0,2	\$ 1.508	\$ 452	
218516	ARENA LAVADA DE RIO	M <sup>3</sup>	0,014	\$ 161.493	\$ 2.261	
				<b>SUB-TOTAL</b>	\$	2.872
IV. TRANSPORTE						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	VALOR PARCIAL	
				<b>SUB-TOTAL</b>	\$	-
V. MANO DE OBRA						
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	VALOR PARCIAL	
2087	OFICIAL	DIA/30	0,1	\$ 139.322	\$ 13.932	
2001	AYUDANTE	DIA/30	0,1	\$ 52.569	\$ 5.257	
				<b>SUB-TOTAL</b>	\$	19.089
				<b>COSTO TOTAL</b>	\$	34.634

Figura 7. APU de Pañete con espesor de 2 cm con relación 1:3. Fuente: Autor



transformadores, pedestales para equipos de protección y medida, cimentación de postes, etc.

#### **5.4.1 CANTIDADES DE OBRA DE CONSTRUCCIONES TIPICAS.**

Las construcciones típicas en un proyecto de infraestructura eléctrica son:

- Cerramiento.
- Cárcamos.
- Cajas de tiro.
- Bancos de ductos.
- Garita de vigilancia.

El cálculo de las cantidades de obra para este tipo de actividades se realizó de acuerdo a los modelos típicos existentes, dejando dentro de las celdas de la hoja las formulas necesarias hacer las cubicaciones de cada tarea.

**5.4.1.1 Cerramiento:** diseñado para una subestación o para una torre de transmisión se hace para seguridad de los bienes y equipos que la conforman, para la protección de las personas al evitar que se acerquen a zonas energizadas y para cumplimiento del RETIE en cuanto a distancias mínimas de seguridad.

Este cerramiento puede ser de dos clases, la primera consta de un muro en mampostería abujardada con altura de 70 cm con complemento de malla eslabonada de 2 m y remate en concertina de 30 cm, su proceso constructivo consta de una viga perimetral de 30 cm de base x 40 cm de altura instalada a una profundidad de 70 cm, pedestales con medidas de 14 cm de ancho x 30 cm de largo, en igual altura que el muro para los postes de acero galvanizado de 2" cada 2 m y con empotramiento de 40 cm y contando con arrostramiento en las esquinas y cada 15 m en los tramos rectos, además la malla eslabonada debe ser de 5 cm x 5 cm calibre 10, a los postes se les debe agregar mediante soldadura en la parte superior un tramo con inclinación de 45° para la instalación de la concertina.

La segunda clase está compuesta de un muro en mampostería abujardada con altura de 2.40 m y remate en concertina de 30 cm montada sobre postes de acero galvanizado de 2" con un empotramiento de 40 cm en las columnetas que están ubicadas cada 3 m con unas medidas de 14 cm de ancho x 25 cm de largo y a la misma altura total del muro, todo esto apoyado en una viga de fundación perimetral de 30 cm de base y 40 cm de altura.

Las dimensiones de la viga de fundación en ambos casos pueden variar y dependerá del estudio de suelos y de las necesidades de aumentar las dimensiones del ancho del muro o de su altura, además el cálculo de las cantidades de obra para el presupuesto se realizó por metro lineal para que el usuario de la herramienta tenga la opción de hacer el presupuesto de cualquier proyecto, lo que implica que la longitud del cerramiento será variable.

Los accesos vehiculares y peatonales en ambos casos quedaran a criterio del diseñador y/o constructor ya que no todos los proyectos tienen los mismos requerimientos en cuanto a ellos.

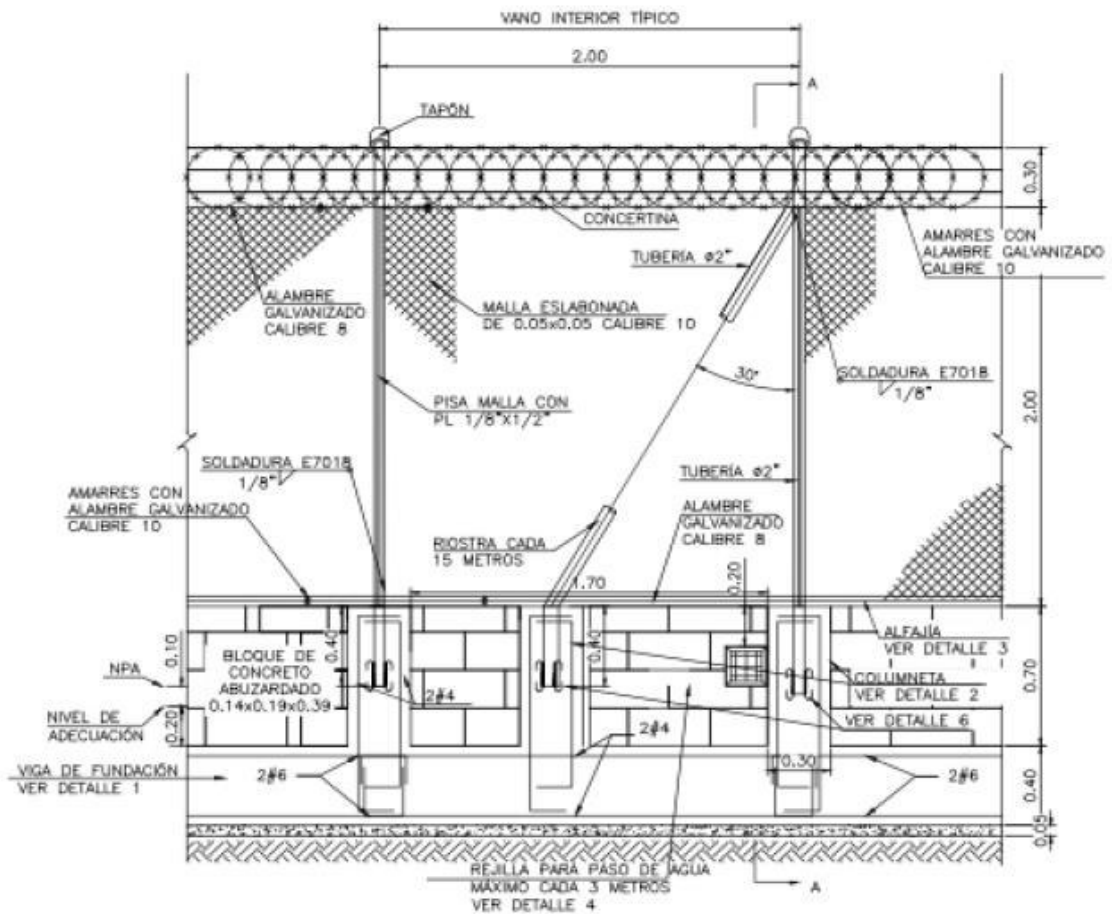


Figura 9. Sección típica cerramiento en malla eslabonada. Fuente: Memoria de cálculo de cerramiento entregada a la ESSA por Sedic S.A.

**5.4.1.2 Cárcamos:** es un tipo de infraestructura civil para redes eléctricas que cubre las necesidades de cableado según solicitud de los diseñadores y sus funciones principales son:

- Proteger el cableado de pasos a nivel que puedan generar contacto con personal o con maquinaria.
- Permitir la energización de equipos de potencia, protección o medida que en su configuración requieren un conexionado o un ingreso del cableado por la parte inferior del equipo.
- Minimizar la longitud de los cables requeridos para el conexionado de los equipos de protección y medida tanto adentro como afuera de la caseta de control.
- Con un dimensionamiento adecuado, se evitan trabajos adicionales en futuras ampliaciones.

El proceso constructivo está compuesto de una excavación con profundidad y ancho determinados por las dimensiones elegidas para el cárcamo conservando el sobre ancho destinado para trabajo, para después instalar sobre esta zanja una estructura en concreto reforzado de 21 Mpa con ancho determinado también por las dimensiones totales y la instalación de estructuras de sujeción para las bandejas porta cables y los apoyos para las tapas y las rejillas según sea el caso. Las tapas de los cárcamos se eligen de acuerdo a la ubicación del mismo, si estará ubicado dentro de la caseta de control su utilizará tapas en lámina alfajor y por el contrario si estos se ubican en el exterior de la caseta, estas deberán estar fabricadas en concreto reforzado.

La ESSA trabaja con 6 tipos de cárcamos que se relacionan a continuación:

TIPO DE CARCAMO	ANCHO EFECTIVO (m)	ALTURA EFECTIVA (m)	ESPELOR DE LOS MUROS (m)
Tipo 1	0.5	0.5	0.15
Tipo 2	1.8	2	0.3
Tipo 3	1	1.2	0.15
Tipo 4	0.5	0.8	0.15
Tipo 5	0.4	0.6	0.15
Tipo 6	0.6	0.6	0.15

Tabla 1. Dimensiones cárcamos típicos en la ESSA. Fuente: Autor.



Así como en el caso de la herramienta construida para el cerramiento, en este caso también se le brinda al usuario el valor total por metro lineal de cada tipo de cárcamo, para que lo adecue a su proyecto en particular.

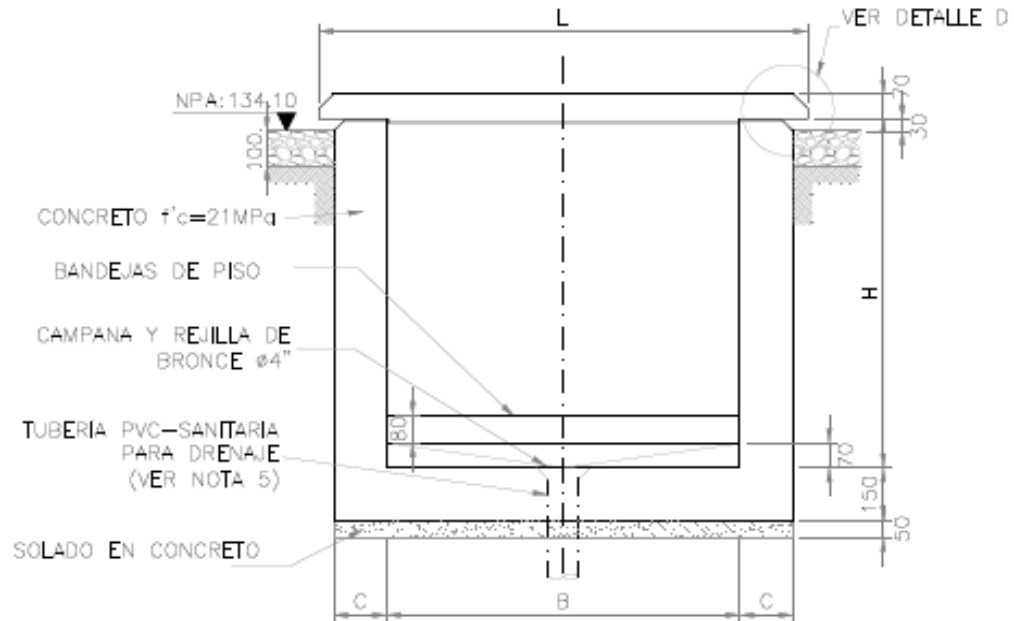


Figura 10. Geometría de cárcamo típico ESSA. Fuente: Memoria de cálculo de cárcamos entregada a la ESSA por Sedic S.A.

En la figura 11 se puede apreciar la cubicación de las actividades requeridas para la construcción de un metro de cárcamo Tipo 1 y Tipo 4 con su respectivo precio unitario proveniente de los APU agregados del archivo de APU típicos elaborado anteriormente y que se aprecian en la parte inferior donde se encuentran ubicadas las hojas de la herramienta Excel, y su valor total que es la finalidad de este instrumento.

CARCAMO TIPO 1 (0,50 x 0,50)			
Actividad	Cantidad	Precio unitario	Total
EXCAVACION =	0,630 m3	\$ 62.994,12	\$ 39.686,30
SOLADO =	0,040 m3	\$ 532.560	\$ 21.302
CONCRETO =	0,27 m3	\$ 760.258	\$ 205.270
ACERO DE REFUERZO =	13,518 kg	\$ 4.604	\$ 62.240
TAPAS EN LAMINA =	0,6 m2	\$ 268.023	\$ 160.814
Valor total por metro			\$ 489.312,41

CARCAMO TIPO 4 (0,50 x 0,80)			
Actividad	Cantidad	Precio unitario	Total
EXCAVACION	0,77 m3	\$ 62.994,12	\$ 48.505,47
SOLADO	0,06 m3	\$ 532.559,58	\$ 29.290,78
CONCRETO	0,26 m3	\$ 760.257,64	\$ 197.666,99
ACERO DE REFUERZO	16,70 kg	\$ 4.604,11	\$ 76.884,95
TAPAS PREFABRICADAS	2 Un	\$ 128.884,14	\$ 257.768,28
Valor total por metro			\$ 610.116,47

Figura 11. Herramienta de cálculo para cárcamos. Fuente: Autor.

**5.4.1.3 Cajas de tiro:** son elementos complementarios a los cárcamos y su función principal es facilitar el tiraje del cableado utilizado para energización de equipos, el proceso de empalme donde los mismos lo requieran y en caso de giros muy bruscos en el direccionamiento de los cárcamos.

El sistema constructivo es básicamente el mismo que los cárcamos con la diferencia que sus dimensiones de ancho y largo son idénticas, creando así la forma de caja, claro está conservando los espacios necesarios en las paredes para el empalme con los cárcamos adyacentes. En la ESSA están tipificados 7 tipos de cajas de tiro que cumplen con los fines para las que están diseñadas y estos son:

TIPO DE CAJA DE TIRO	ANCHO EFECTIVO (m)	ALTURA EFECTIVA (m)	ESPELOR DE LOS MUROS (m)
Tipo 1	0.45	0.45	0.15
Tipo 1M	0.6	0.45	0.15
Tipo 2	0.5	0.5	0.15
Tipo 3	1	1	0.15
Tipo 4	1.45	1	0.2
Tipo 5	1	1.1	0.15
Tipo 6	0.6	0.6	0.15

Tabla 2. Dimensiones cajas de tiro típicas en la ESSA. Fuente: Autor.

CAJA TIPO 1 (0,45 x 0,45)			
Actividad	Cantidad	Precio unitario	Total
EXCAVACION	0,366 m3	\$ 62.994	\$ 23.032,23
SOLADO	0,028 m3	\$ 532.560	\$ 14.978
CONCRETO	0,25 m3	\$ 760.258	\$ 187.308
ACERO DE REFUERZO	5,368 kg	\$ 4.604	\$ 24.713
TAPAS PREFABRICADAS	1 Un	\$ 268.643	\$ 268.643
		Valor total	\$ 518.674,46

Figura 12. Herramienta de cálculo para cajas de tiro. Fuente: Autor.

En forma similar a la herramienta de cálculo de cárcamos, se entrega un valor total al formulador o usuario de cada tipo de caja de tiro para que tenga la libertad de elegir la caja o cajas que mejor se adapte al proyecto objeto de formulación y de acuerdo a la cantidad total, obtenga el presupuesto de esta actividad.

**5.4.1.4 Bancos de ductos:** En los tramos donde ninguna configuración predeterminada de cárcamos se adapte a los requerimientos o al espacio físico disponible, el cableado se transportará en el subsuelo por conjuntos de ductos dispuestos de forma predeterminada y que pueden ser con atraque o enterrados en las siguientes combinaciones:

TIPO DE BANCO DE DUCTOS	CANTIDAD DE DUCTOS	DIAMETRO DEL DUCTO
Tipo 1 atracado	3	4"
Tipo 2 atracado	6	6"
Tipo 3 atracado	6	4"
Tipo 4 atracado	3	6"
Tipo 5 atracado	4	6"
Tipo 1 enterrado	1	2"
Tipo 2 enterrado	2	2"
Tipo 3 enterrado	4	2"
Tipo 4 enterrado	3	2"
Tipo 5 enterrado	2	6"

Tabla 3. Combinaciones para bancos de ductos usados en la ESSA. Fuente: autor

En este caso los valores calculados para el presupuesto están dados también por metro para que el formulador pueda calcular el valor total del tendido ingresando únicamente la longitud utilizada de cada configuración disponible.

<b>DUCTOS TIPO 1 Ø 2"</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Excavación y disposición final de material excavado	0,060 m3	\$ 90.103,57	\$ 5.406,21
Relleno estructural	0,030 m3	\$ 97.378	\$ 2.921
Arenilla	0,03 m3	\$ 94.235	\$ 2.642
Tubería PVC DB de 2"	1,05 m	\$ 20.848	\$ 21.890
Valor total por metro			\$ 32.859,56

Figura 13. Herramienta de cálculo para banco de ductos enterrados. Fuente: Autor

<b>BANCO DE DUCTOS TIPO 3 Ø 4"</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Excavación y disposición final de material excavado	0,406 m3	\$ 90.103,57	\$ 36.582,05
Relleno estructural	0,091 m3	\$ 97.378	\$ 8.861
Concreto f'c=17 Mpa	0,29 m3	\$ 760.258	\$ 221.568
Tubería PVC EB de 4"	3,15 m	\$ 10.065	\$ 31.705
Valor total por metro			\$298.716,30

Figura 14. Herramienta de cálculo para banco de ductos atracados. Fuente: Autor

#### **5.4.2 CANTIDADES DE OBRA DE CONSTRUCCIONES PARTICULARES.**

Las construcciones particulares en un proyecto de infraestructura eléctrica son:

- Cimentación de postes.
- Cimentación de pórticos de bahías de línea.
- Cimentación y pedestales de DPS.
- Cimentación y pedestales de Transformadores de potencial (PT).
- Cimentación y pedestales de Transformadores de corriente (CT).
- Cimentación y pedestales de interruptor de potencia.
- Cimentación y pedestales de seccionadores.
- Cimentación y foso de transformador de potencia.
- Trampa de aceite.
- Muro cortafuegos.

En el caso del listado de actividades anterior, como las dimensiones, especificaciones técnicas, requerimientos propios del proyecto y ubicación de los equipos es variable, se realizó un procedimiento distinto para el cálculo de cantidades de obra de cada uno de ellos, de manera que el formulador tenga la libertad de cambiar todas o la mayoría de las dimensiones, cantidades de equipos y demás datos de ingreso que se requieran para las cubicaciones.

**5.4.2.1 Cimentación de postes:** el montaje de postes es la actividad más predominante en un proyecto de líneas de transmisión ya que constituye junto con las torres las dos clases de apoyos para el tendido de los cableados que conforman o que van a conformar la red de transmisión.

Para la creación de la herramienta de cálculo para esta actividad se tuvo en cuenta información suministrada por los diseñadores de la ESSA de líneas de distribución como el Ing. Álvaro Díaz y el Ing. Gilberto Caballero, además la norma técnica de la casa matriz EPM ET-TD-ME04-01 y se extrajo el siguiente listado de postes utilizados en líneas de transmisión:

- POSTE CONCRETO 8 m X 510 kgf.
- POSTE CONCRETO 8 m X 750 kgf.
- POSTE CONCRETO 8 m X 1050 kgf.
- POSTE CONCRETO 8 m X 1350 kgf.
- POSTE CONCRETO 8 m X 1500 kgf.
- POSTE CONCRETO 8 m X 2000 kgf.
- POSTE CONCRETO 10 m X 510 kgf.
- POSTE CONCRETO 10 m X 750 kgf.
- POSTE CONCRETO 10 m X 1050 kgf.
- POSTE CONCRETO 12 m X 510 kgf.
- POSTE CONCRETO 12 m X 750 kgf.
- POSTE CONCRETO 12 m X 1050 kgf.
- POSTE CONCRETO 12m X 1350 kgf.
- POSTE CONCRETO 12m X 1800 kgf.
- POSTE CONCRETO 14m X 750 kgf.
- POSTE CONCRETO 14m X 1050 kgf.
- POSTE CONCRETO 14m X 1350 kgf.
- POSTE CONCRETO 14m X 1800 kgf.

- POSTE CONCRETO 14m X 2000 kgf.
- POSTE CONCRETO 16m X 1050 kgf.
- POSTE CONCRETO 16m X 1350 kgf.
- POSTE CONCRETO 16m X 1800 kgf.
- POSTE CONCRETO 16m X 2000 kgf.

Para todas las alturas de poste aplica la misma fórmula de longitud de empotramiento, que es la distancia entre la sección de empotramiento y la base del poste, dicha fórmula es:

$$Le = 0.1 \times h + 0.6 \text{ m}$$

Donde Le es la longitud de empotramiento y h es la altura del poste.

Los diámetros de excavación también varían de acuerdo a la altura del poste, pero para esto no se tiene una ecuación específica, ya que depende más del uso que se le va a dar a la estructura, que puede ser urbana o rural, por su ubicación y puede ser de retención o de suspensión, por su uso o disposición.

Ya con todos los procedimientos reunidos, el siguiente paso fue organizar una hoja de cálculo en Excel que permitiera al formulador ingresar la cantidad de postes, su altura, la configuración que podía ser tipo H o sencilla, si la estructura requería sistema de puesta a tierra, dándole la posibilidad de mezclar todas las alternativas, y así obtener las cantidades de obra para excavación, concreto de solado, concreto estructural y relleno, datos suficientes para incluir en su hoja de presupuesto y realizar una valoración inicial de las actividades civiles.

NOTAS:  
 - LA CAPA DE CONCRETO DE SOLADO ES DE 5 cm  
 - EL RELLENO DE LA EXCAVACION ESTA CALCULADO EN CONCRETO  
 - LAS CASILLAS SOMBRADAS EN GRIS SON LAS QUE REQUIEREN INGRESO DE DATOS POR PARTE DEL USUARIO.

ALtura DE POSTES (m)	DIAMETRO EXTERIOR BASE (m)	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS SENCILLAS	INDIQUE SI LA ESTRUCTURA REQUIERE MALLA PARA EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SI & NO)	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS EN H	INDIQUE SI LA ESTRUCTURA REQUIERE MALLA PARA EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SI & NO)
16	0,43	0	NO	0	NO
14	0,39	0	NO	90	SI
12	0,35	0	NO	0	NO
10	0,3	0	NO	0	NO
8	0,29	0	NO	0	NO

**CALCULO DE LA CIMENTACION DE UNA LINEA DE TRANSMISION**

POSTE DE 8 m		POSTE DE 10 m		POSTE DE 12 m		POSTE DE 12 m ESTRUCTURA EN H		POSTE DE 14 m		POSTE DE 14 m ESTRUCTURA EN H		POSTE DE 16 m		POSTE DE 16 m ESTRUCTURA EN H	
Le =	1,4	Le =	1,6	Le =	1,8	Le =	1,8	Le =	2	Le =	2,2	Le =	2,2	Le =	2,2
D =	0,39	D =	1	D =	1,05	D =	1,05	D =	1,19	D =	1,19	D =	1,23	D =	1,23
Ve =	1,5465311	Ve =	1,335176878	Ve =	1,645212803	Ve =	3,290425606	Ve =	2,335624912	Ve =	4,671249825	Ve =	2,732309427	Ve =	5,46562854
Vcs =	0,038488437	Vcs =	0,038263908	Vcs =	0,043295074	Vcs =	0,043295074	Vcs =	0,055610117	Vcs =	0,055610117	Vcs =	0,053411444	Vcs =	0,053411444
Vo =	1,023691693	Vo =	1,182809634	Vo =	1,428737434	Vo =	1,428737434	Vo =	2,041036674	Vo =	2,041036674	Vo =	2,354030718	Vo =	2,354030718
Vspt =	0,675	Vspt =	0,675	Vspt =	1,2	Vspt =	4	Vspt =	1,2	Vspt =	4	Vspt =	1,2	Vspt =	4

VOLUMEN TOTAL DE LA CIMENTACION	
Ve =	780,4124842
Vcs =	10,00382105
Vo =	367,3374013
W =	360

CONVENCIONES	
Le =	LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO
D =	DIAMETRO DE EXCAVACION
Ve =	VOLUMEN DE EXCAVACION
Vcs =	VOLUMEN DE CONCRETO DE SOLADO
Vo =	VOLUMEN DE CONCRETO ESTRUCTURAL
Vspt =	VOLUMEN EXCAVACION SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
W =	VOLUMEN DE RELLENO EN MATERIAL COMUN

Figura 15. Calculo de cimentación de postes. Fuente: Autor.

**5.4.2.2 Bahía de línea:** la bahía de línea dentro de una subestación es el espacio dedicado a la recepción de los cables de alta tensión que se realiza en un pórtico que retiene los cables y los distribuye por medio de un barraje al seccionador que es un dispositivo de corte visible que permite desenergizar la bahía para mantenimiento o cambio de equipos, luego va al interruptor de potencia que se encarga de apagar el arco eléctrico producido en el corte, lo logra a través de vacío o de un gas, el siguiente instrumento es el transformador de corriente o CT que disminuye el amperaje para lograr medición de corriente y de ahí pasa al transformador de potencial, encargado también de la medida pero esta vez de la diferencia de potencial para finalmente llegar al pararrayos o DPS, dispositivo encargado de aterrizar las subidas de voltaje ya sean por fenómenos atmosféricos o por sobretensiones en el sistema. Todos los aparatos de corte y medida que



componen una bahía de línea, deben ir sobre pedestales cimentados correctamente para evitar el volcamiento por la fuerza de tensión a la que están sometidos los cables, es por esto que, dentro de las herramientas requeridas por el equipo formulador, esta figura dentro de las más importantes para la formulación y los datos que se requieren son:

- Volumen de excavación por juego de aparatos.
- Volumen de excavación total.
- Volumen del concreto de solado.
- Volumen del concreto estructural.
- Volumen de relleno.
- Volumen de acabado de patio o capa de grava con espesor de 15 cm.

En todos los casos, el usuario puede ingresar medidas específicas para cada juego de aparatos y la cantidad de los mismos, ya que existen varias bahías que pueden ser de línea, transformación, transferencia, seccionamiento, acople o compensación por uso y varias configuraciones como: barra sencilla, barra principal y transferencia, doble barra, doble barra más seccionador de transferencia, doble barra más seccionador de bypass, interruptor y medio, doble anillo y barra encapsulada.



Figura 16. Cimentación y pedestal para un juego de seccionadores. Fuente: Autor.



La hoja contiene todas las formulas necesarias para las cubicciones, incluyendo el área de acabado de patio, que es un espacio cubierto por grava de tamaño nominal de 1" dispuesta en una capa de 15 cm, que ayuda a disipar el fuego en caso de un incendio, ya que drena el derrame de aceite y actúa como material filtrante.

CANTIDAD DE EQUIPOS A INSTALAR	
SECCIONADOR	2
INTERRUPTOR	1
TRANSFORMADOR DE POTENCIA	1
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	1
DPS	1
PORTICO	1

Figura 17. Tabla cantidad de equipos de bahía. Fuente: Autor.

SECCIONADOR	
POR FAVOR INGRESE LAS MEDIDAS REQUERIDAS (m)	
L =	3.8
A =	1.8
H =	1.25
LC =	0.6
AC =	0.6
# PEDESTALES =	2
Hc =	0.35
CALCULOS	
Ve =	8.55
Vcs =	0.342
Vc =	3.15
Vr =	4.176
Vg =	0.318
MODELO	

Figura 18. Cubicciones para seccionador. Fuente: Autor.

**5.4.2.3 Cimentación y foso del transformador de potencia:** el transformador de potencia es el aparato encargado de recibir y disminuir la potencia eléctrica para su distribución o entregarla para transmisión, ya que entre más elevada sea la potencia menos perdidas tendrá el sistema, es el equipo central de una subestación y la mayoría de equipamiento gira en torno a el transformador, este tiene un devanado principal y uno o varios secundarios que junto a su núcleo generan una gran cantidad de calor durante su funcionamiento, es por eso que la gran mayoría de transformadores vienen aislados en cantidades de aceite que de acuerdo a la capacidad va desde los 11.000 hasta los 14.000 litros, el cual puede sufrir derramamiento por ebullición y en el peor de los casos un incendio. Es por este motivo y por su gran peso de alrededor de 60.000 kg, que la cimentación de los transformadores es una actividad destacada y requiere de una atención especial.

Las cubicaciones de las cantidades de obra dependen de la geometría entregada por el fabricante del equipo, ya que la mayoría de transformadores se fabrican bajo pedido lo que les da una particularidad a las medidas, a esto hay que sumarle los resultados de los estudios de suelos, las cargas verticales y horizontales y la ubicación de los apoyos en el equipo. Es por este motivo que los cálculos para esta actividad también son susceptibles de editar por parte del usuario de acuerdo a los requerimientos del equipo.

Adicional a el foso, la mayoría de estas obras requieren una actividad adicional que es la trampa de aceite, el cual debe garantizar que va a contener hasta el 125 % del volumen de aceite contenido en el transformados con la mayor cantidad que esté instalado.

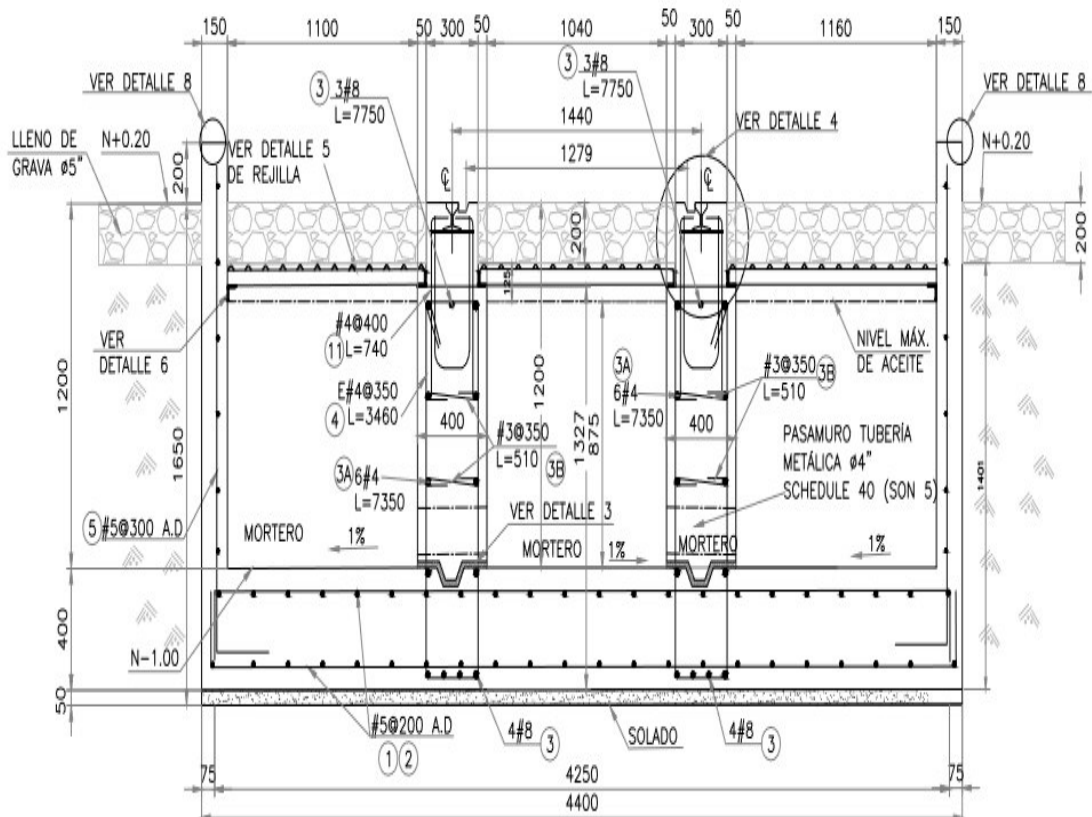


Figura 19. Geometría foso de transformador de 115/34.5 Kv. Fuente: Formulación Subestación Rio frio realizada por Sedic S.A.

Para tener en la base de datos un registro que nos aproxime al presupuesto necesario para esta obra, se tomaron datos de subestaciones construidas durante los últimos dos años en la empresa y se obtuvieron unos transformadores típicos o de uso más frecuente en la ESSA y este es el listado:

- Transformador ABB de 115/34.5 Kv de 40 Mva
- Transformador ABB de 115/34.5/13.8 Kv de 40 Mva
- Transformador ABB de 34.5/13.8 Kv de 10 Mva
- Transformador ABB de 230/115 Kv de 90 Mva
- Transformador Siemens de 115/34.5 Kv de 40/50 Mva
- Transformador Siemens de 34.5/13.8 Kv de 20 Mva
- Transformador Siemens de 230/115/34.5 Kv de 90 Mva.

Por último, las vigas carrileras que es el apoyo del transformador, deben llevar a lo largo de toda la estructura un riel que facilite el movimiento del transformador, ya sea para mantenimiento, traslado o reemplazo, contando con un gancho de tiro ubicado al frente del transformador y anclado a un mojón o bloque de soporte. Las cantidades de obra para todo el conjunto quedaron incluidas en la herramienta final.



Figura 20. Cimentación y foso de un transformador de potencia. Fuente: Autor

**5.4.2.4 Trampa de aceite:** el transformador de potencia contiene en su interior una gran cantidad de aceite que usa para el enfriamiento de su devanado, y para evitar derrames, se diseña en la misma cimentación del equipo un foso para contenerlo el cual necesita de una estructura de apoyo capaz de mantener el mayor volumen de aceite de los transformadores, esta estructura es fabricada en concreto y debe contar con dos tapas que garanticen el ingreso para mantenimiento.

Las dimensiones dependen de la cantidad de aceite que contenga el transformador de mayor tamaño instalado en la subestación, lo que lo hace una estructura de tamaño variable y es por eso que se desarrolló una herramienta que el formulador tenga la opción de ingresar el volumen total a contener o las medidas a utilizar después de hacer la cubicación para cumplir el requerimiento. En la herramienta de Excel se ingresaron todas las formulas necesarias para entregar los resultados de volumen de excavación, volumen de concreto de solado, volumen de concreto estructural y volumen de acabado de patio.

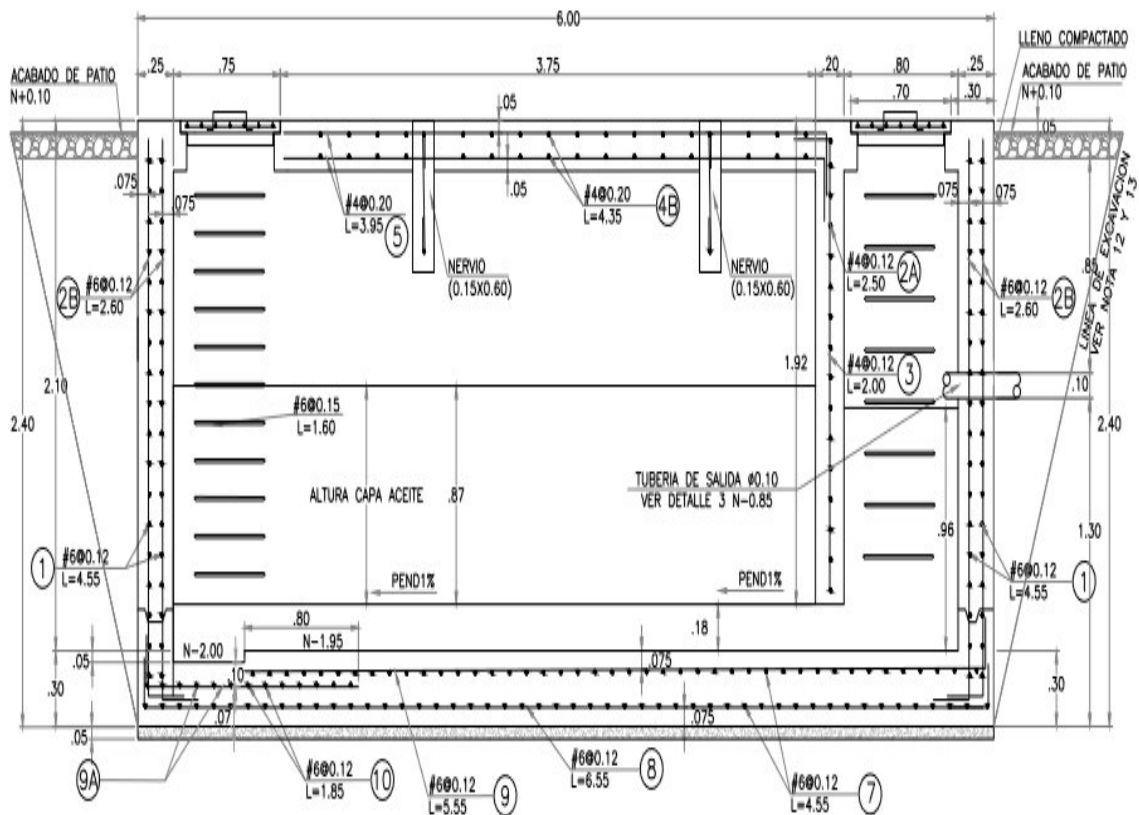


Figura 21. Perfil de trampa de aceite Subestación Rio frio Fuente: Formulación Subestación Rio frio realizada por Sedic S.A.



Figura 22. Trampa de aceite en construcción. Fuente: Autor.

Para la cubicación de la trampa se estableció una geometría que quedo estandarizada y simplificada de tal manera que el formulador que esté utilizando la hoja solo tenga que ingresar la longitud total, el ancho total, la longitud del muro interno y el ancho del muro interno, datos suficientes para que la hoja entregue la información básica que complementa los APU en la hoja de presupuesto.

TRAMPA DE ACEITE			
<b>MEDIDAS TRAMPA DE ACEITE</b>			
A =	4,00 m		
B =	6,00 m		
H =	2,40 m		
A' =	2,50 m		
H' =	1,92 m		
<b>TRAMPA DE ACEITE</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Excavacion y disposicion final del mate	86,28 m3	\$ 90.103,57	\$ 7.773.685,41
Relleno estructural	1,45 m3	\$ 97.378,32	\$ 141.198,56
Solado en concreto pobre f'c = 14 Mpa	1,20 m3	\$ 532.559,58	\$ 639.071,49
ACERO DE REFUERZO	6753,76 kg	\$ 4.604,11	\$ 31.095.043,73
Concreto impermeabilizado f'c = 28 Mpa	22,24 m3	\$ 895.705,86	\$ 19.919.602,62
		<b>Valor total</b>	<b>\$ 59.568.601,82</b>

Figura 23. Herramienta en Excel para cantidades de obra de la trampa de aceite. Fuente: Autor.

**5.4.2.5 Muro cortafuego:** el muro cortafuego es una estructura que se construye para evitar que, en caso de un incidente en el transformador, el fuego se propague a otras áreas de la subestación, se diseñan con el fin de garantizar que resistan por lo menos 3 horas de exposición y para esto se debe asegurar que el espesor de esos muros sea de 25 cm con una altura que sobrepase en al menos 30 cm el tanque del transformador y 60 cm de cada lado de la cara del equipo.

Para el caso del muro, las dimensiones de longitud y anchura dependen de las especificaciones técnicas del equipo en cuanto a geometría del mismo y por este motivo se dejó la autonomía del ingreso de los datos necesarios en la herramienta de Excel para que de acuerdo a las formulas arroje los resultados esperados en cuanto a cantidades de obra.

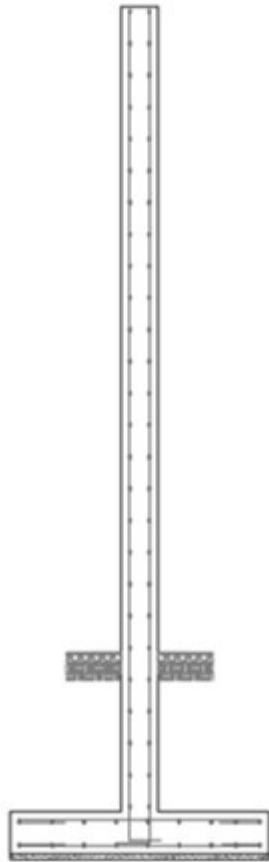


Figura 24. Geometría básica del muro cortafuegos. Fuente: Formulación Subestación Rio frio realizada por Sedic S.A.

El proceso constructivo se centró en la condición que el muro va a trabajar como voladizo, lo cual necesita una atención especial en cuanto a diseño de la cimentación ya que tendrá un valor para cortante máximo con el que se realizará la revisión a la estabilidad y al deslizamiento y se diseñará de acuerdo a la norma colombiana NSR – 10 como todo lo planteado tanto para subestaciones como para línea de transmisión o distribución.

Los resultados que se desean obtener son los volúmenes de excavación, concreto de solado, concreto estructural, relleno y acabado de patio y para el desarrollo de la herramienta se utilizó el mismo método y se dejó la libertad al formulador de ingresar los valores geométricos del muro para su cubicación y entrega de resultados.



## 6. CONCLUSIONES

En el desarrollo de la práctica se logró cumplir con el objetivo el cual es reunir las herramientas de cálculo necesarias para ofrecer a las áreas involucradas en los procesos de obra nueva, expansión, modernización o repotenciación un costeo rápido y con un alto grado de certidumbre para determinar si el proyecto es viable o si por el contrario se debe reformular o rechazar definitivamente.

Es primordial realizar reconocimientos en campo de las estructuras para poder llevar a cabo las cubicaciones adecuadamente, además contar con la información suficiente de los fabricantes de los equipos de potencia en cuanto a geometría y disposición en el patio y el concepto del profesional eléctrico o electromecánico con respecto a la distribución de la subestación o la línea de distribución y todas sus obras adicionales.

El apoyo del equipo de profesionales de las diferentes áreas del conocimiento que intervienen en un proyecto de infraestructura eléctrica es crucial para identificar los documentos necesarios que desde la ingeniería civil deben ser entregados como soporte para la formulación.

Se dejó planteada la opción de mejorar las herramientas producto de esta práctica mediante la inclusión de los cálculos en un aplicativo desarrollado por un profesional de sistemas el cual sea capaz de simplificar el ingreso de los datos de alimentación del programa y arroje de forma ordenada los resultados necesarios para incluirlos en los presupuestos, y así poder entrar a formar parte del grupo de software de dominio de toda la empresa.

El desarrollo de esta práctica permitió un barrido por todas las líneas de conocimiento que la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana tiene a su disposición para los estudiantes por lo que fue una experiencia constructiva y que deja abierta la posibilidad de que ese intercambio de conocimientos se siga produciendo de acuerdo a las necesidades de las partes interesadas.



## 7. BIBLIOGRAFIA

- Arboleda López, S. (2007). Presupuestos y programación de obras civiles (1a ed). Medellín: Fondo editorial ITM.
- Botero Botero, L. (2006). Construcción sin perdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construction (2a ed). Bogotá: Legis.
- Construdata (2019). <https://www.construdata.com/>
- Consuegra, J. (2007). Presupuestos de construcción (2a ed). Bogotá: Bhandar Editores.
- Electrificadora de Santander (2019). <https://www.essa.com.co/>
- Empresas Públicas de Medellín (2019). <https://www.epm.com.co/site/>
- Instituto Nacional de Vías (2019). <https://www.invias.gov.co/>
- Miranda Miranda, J (2011). Gestión de proyectos (4a ed). Recuperado de: <https://castellanosanisidoro.files.wordpress.com/2014/07/libro-gestion-proyectos-cuarta-edicion-copia.pdf>
- Padilla Córdoba, M (2011). Formulación y evaluación de proyectos (2a ed). Recuperado de: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang\\_es&id=1drDDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=formulacion+de+proyectos&ots=7jJ2xwGLBf&sig=nWENuyMHor7t6d\\_reDCuFfWb8lc#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=1drDDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=formulacion+de+proyectos&ots=7jJ2xwGLBf&sig=nWENuyMHor7t6d_reDCuFfWb8lc#v=onepage&q&f=false)
- Puyana García, G (1995). Control integral de la edificación Tomo 1: Planteamiento (5a ed). Bogotá: Bhandar editores.
- Puyana García, G (2008). Control integral de la edificación Tomo 2: Construcción – Interventoría de obra (3a ed). Bogotá: Bhandar editores.